

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-320420

(43)Date of publication of application : 03.12.1996

(51)Int.Cl.

G02B 6/13

(21)Application number : 07-157983

(71)Applicant : TOSHIBA MACH CO LTD

(22)Date of filing : 23.06.1995

(72)Inventor : KOMIYAMA KICHIZO
SHOGETSU ISAO
KAMANO TOSHINAO
URUSHIBATA KAZUNORI

(30)Priority

Priority number : 07 64109

Priority date : 23.03.1995

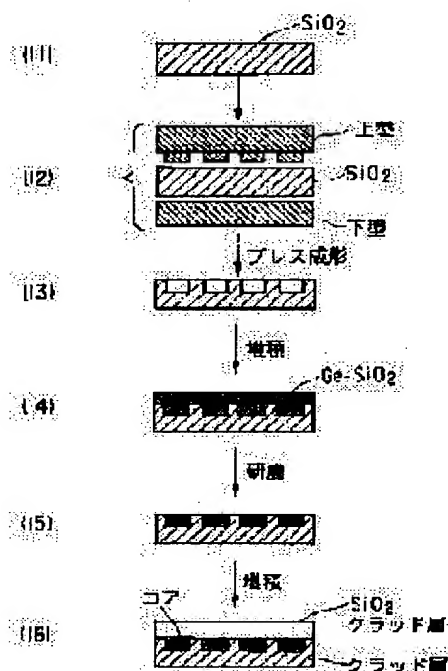
Priority country : JP

(54) PRODUCTION OF OPTICAL WAVEGUIDE

(57)Abstract:

PURPOSE: To decrease the number of stages and to reduce a manufacturing cost by forming recessed parts directly on a first glass blank, packing a second glass blank to be formed as cores into these recessed parts and removing the overflowing glass blank, then joining the glass blank similar to the first glass blank.

CONSTITUTION: The glass blank having both flat surfaces corresponding to clad layers, for example, SiO_2 , is arranged between upper and lower metal molds and is press formed under heating. The glass blank having the refractive index different from the refractive index of the SiO_2 of the clad layers, for example, Ge-SiO_2 , is deposited by a physical vapor deposition method over the entire protective film in the upper part of the press formed goods. At this time, the Ge-SiO_2 is deposited to a sufficient film thickness in the recessed parts subjected to the press forming until the Ge-SiO_2 is sufficiently packed therein. Next, a part of the Ge-SiO_2 and/or protective film of the press formed SiO_2 is polished until the desired core shape of optical waveguides is formed. The glass blank which is the same as the glass blank subjected to the pressing or has nearly the same refractive index as the refractive index, for example, SiO_2 , is deposited on the polished surface by the physical vapor deposition method.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.06.1997

[Date of sending the examiner's decision of
rejection]

[Kind of final disposal of application other than

the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 2855091

[Date of registration] 20.11.1998

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-320420

(43) 公開日 平成8年(1996)12月3日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/13

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/12

技術表示箇所

M

審査請求 未請求 請求項の数 7 O L (全 8 頁)

(21) 出願番号 特願平7-157983

(22) 出願日 平成7年(1995)6月23日

(31) 優先権主張番号 特願平7-64109

(32) 優先日 平7(1995)3月23日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000003458

東芝機械株式会社

東京都中央区銀座4丁目2番11号

(72) 発明者 小宮山 吉三

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内

(72) 発明者 松月 功

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内

(72) 発明者 鎌野 利尚

静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

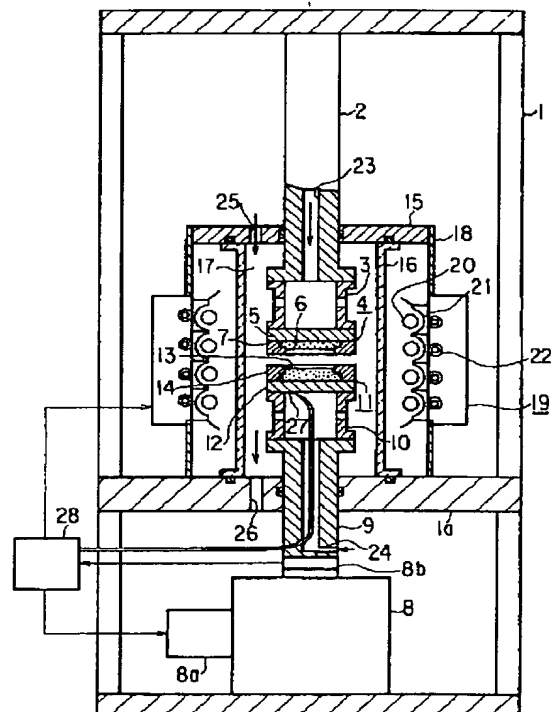
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光導波路の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 製造時間、及び製造コストの削減を計った光導波路の製造方法を提供することを目的とする。

【構成】 好ましくは光学素子成形装置により、光導波路のクラッド層に相当するガラス素材上に、光導波路のコアに相当する凹部を形成する。この凹部に前記ガラス素材と屈折率が異なるガラス素材を充填させ、凹部から溢れ出ているガラス素材を除去した後、クラッド層と同一ないしほぼ同一の屈折率を有するガラス素材を好ましくは前記光学素子成形装置によって接合させる。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】光導波路のクラッド層に相当する第 1 のガラス素材上に、コアに相当する凹部を形成する第 1 の工程と、

前記第 1 の工程で形成した凹部に、第 1 のガラス素材と屈折率が異なる第 2 のガラス素材を、少なくとも前記凹部が満たされるまで充填する第 2 の工程と、

前記第 2 の工程で前記凹部に充填された第 2 のガラス素材を残存させて少なくとも前記凹部から溢れ出ている第 2 のガラス素材を除去する第 3 の工程と、

前記第 3 の工程で少なくとも前記凹部から溢れ出ている第 2 のガラス素材を除去された第 1 のガラス素材の表面に、第 1 のガラス素材と少なくとも屈折率がほぼ等しいガラス素材を接合してクラッド層を形成する第 4 の工程と、

を具備したことを特徴とする光導波路の製造方法。

【請求項 2】前記第 1、第 2 および第 4 の工程のうち、少なくとも 1 つの工程が、上下一対の型間にガラス素材を配置して加熱装置で加熱し、プレス成形することにより行われることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 3】赤外線ランプ加熱及び高周波誘導加熱のいずれか一方の加熱機構と、電動モータ又は油圧機構を駆動源とし、プレス温度や、プレス軸の位置、プレス力及びプレス速度を任意に制御する制御装置とを具備した光学素子成形装置によりプレス成形が行われることを特徴とする請求項 2 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 4】前記第 1、第 2 及び第 4 の工程のうち、少なくとも 1 つの工程が、下型上か、或いは上下一対の型間に、ガラス素材を配置して加熱装置で加熱し、ガラス素材の自重、ガラス素材上に載置された型の自重、及びこの型上に載置された重しの自重のうち、少なくとも 1 つの自重によって加圧されることにより行われることを特徴とする請求項 1 に記載の光導波路の製造方法。

【請求項 5】前記加熱装置が、加熱ゾーンから冷却ゾーンまでを連続して配置した連続式炉であり、ガラス素材が下型、又は上下型と共に、加熱ゾーンから冷却ゾーンまで移動するように構成されていることを特徴とする請求項 2 乃至 4 のいずれか 1 つに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 6】前記第 3 の工程が、研削、研磨及びエッチングのいずれか 1 つないしこれらの組み合わせにより行われることを特徴とする請求項 1 ないし 5 のいずれか 1 つに記載の光導波路の製造方法。

【請求項 7】前記第 2 及び第 4 の工程のうち、少なくとも 1 つの工程が、堆積処理により行われることを特徴とする請求項 1 ないし 6 のいずれか 1 つに記載の光導波路の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、光導波路の製造方法に係り、特に、製造工程を短縮化した光導波路の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、光導波路の製造工程は多くの成膜工程と複雑なエッチング工程とを必要としている。以下、図面を参照して、従来光導波路が製造される際に実行される工程について説明する。図 3 は、従来の光導波路の製造工程の一例を示す図である。

10 (a) まず、光導波路のクラッド層に相当する SiO_2 基板が用意される。

(b) 工程 (a) で用意された SiO_2 基板には SiO_2 より屈折率の高い物質、例えば $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ が数 μm 程度の膜厚に堆積される。この $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ が光導波路のコアに相当する。

(c) 工程 (b) で堆積された $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ 膜上にホトレジストが数 μm 程度の膜厚で塗布される。

20 (d) 次に、目的とする光導波路の回路形状となるように、工程 (c) で塗布されたホトレジストに紫外線が照射されて露光され、現像処理される。このように処理されたホトレジストは、回路形状に相当する部分のみが残存する。

(e) 工程 (d) で露光・現像処理されたホトレジスト上から $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ がエッチング処理される。このようにエッチング処理された $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ は、回路形状に相当する部分のみが残存する。

(f) 工程 (d) で残存していたホトレジストが除去される。

30 (g) SiO_2 基板上、及び $\text{Ge} - \text{SiO}_2$ 膜上に光導波路のクラッド層に相当する SiO_2 が数 μm 程度の膜厚で被膜される。

【0003】従来では、前記工程の各層を被膜するにあたり、各層は火炎堆積法 (FHD)、物理蒸着法 (PVD)、化学蒸着法 (CVD) などのいわゆる堆積によるか、またはゾルゲル法によって被膜されている。また、図 3 の工程

(e) のエッチング処理は、反応性イオンエッチング (RIE) などによって実施されている。これらの工程では真空装置が用いられ、多くの製造時間とコストが必要とされる。

40 【0004】

【発明が解決しようとする課題】今日の情報化社会では、大量の情報が高速に相互通信されることが求められ、そのためには光通信は必要不可欠である。また、Fiber To The Home (FTTH) などの言葉に代表されるように、光通信網は各家庭まで伸びようとしている。

【0005】しかし、光通信に必要な不可欠な光導波路は非常に高精度な部品であり、コア部の形状の安定性、コアとクラッドとの境界面の面粗さ、ガラス材料の近赤外線域 (1.3 ~ 1.5 μm) の吸収量が少ないことなどが要求される。また、このような光導波路の製造工程は、多く

の工程数が必要とされ、成膜時間、処理コストなどに多くの問題がある。そのため光通信網の発達に大きな障害となっている。

【0006】そこで、この発明は、上述したような事情に鑑み成されたものであって、その目的は、光導波路の製造工程の短縮化、成膜数の削減などにより、製造時間、及び製造コストの削減を計った光導波路の製造方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】この発明は、上記問題点に基づきなされたもので、光導波路のクラッド層に相当する第1のガラス素材上に、コアに相当する凹部を形成する第1の工程と、前記第1の工程で形成した凹部に、第1のガラス素材と屈折率が異なる第2のガラス素材を、少なくとも前記凹部が満たされるまで充填する第2の工程と、前記第2の工程で前記凹部内に充填された第2のガラス素材を残存させて少なくとも前記凹部から溢れ出ている第2のガラス素材を除去する第3の工程と、前記第3の工程で少なくとも前記凹部から溢れ出ている第2のガラス素材を除去された第1のガラス素材の表面に、第1のガラス素材と少なくとも屈折率がほぼ等しいガラス素材を接合してクラッド層を形成する第4の工程と、を具備した光導波路の製造方法を提供するものである。

【0008】また、この発明によれば、前記第1、第2および第4の工程のうち、少なくとも1つの工程が、上下一対の型間にガラス素材を配置して加熱装置で加熱し、プレス成形することにより行われる光導波路の製造方法が提供される。

【0009】さらに、この発明によれば、前記プレス成形は、赤外線ランプ加熱及び高周波誘導加熱のいずれか一方の加熱機構と、電動モータ又は油圧機構を駆動源とし、プレス温度や、プレス軸の位置、プレス力及びプレス速度を任意に制御する制御装置とを具備した光学素子成形装置により行われる光導波路の製造方法が提供される。

【0010】またさらに、この発明によれば、前記第1、第2及び第4の工程のうち、少なくとも1つの工程が、下型上か、或いは上下一対の型間に、ガラス素材を配置して加熱装置で加熱し、ガラス素材の自重、ガラス素材上に載置された型の自重、及びこの型上に載置された重し自重のうち、少なくとも1つの自重によって加圧されることにより行われることを特徴とする光導波路の製造方法が提供される。

【0011】さらにまた、この発明によれば、前記加熱装置が、加熱ゾーンから冷却ゾーンまでを連続して配置した連続式炉であり、ガラス素材が下型、又は上下型と共に、加熱ゾーンから冷却ゾーンまで移動するように構成されていることを特徴とする光導波路の製造方法が提供される。

【0012】また、この発明によれば、前記第3の工程が、研削、研磨及びエッチングのいずれか1つないしこれらの組み合わせにより行われる光導波路の製造方法が提供される。さらに、この発明によれば、また、前記第2及び第4の工程うち、少なくとも1つの工程が、堆積処理により行われる光導波路の製造方法が提供される。

【0013】

【作用】この発明によれば、上記のように製造される光導波路は、第1のガラス素材に直接凹部を形成し、この凹部にコアとなる第2のガラス素材を充填し、この凹部から溢れ出ている第2のガラス素材を除去して、その上に第1のガラス素材と同様のガラス素材を接合するため、工程数、製造コストの大幅な削減が可能となる。

【0014】

【実施例】以下、図面を参照してこの発明の一実施例について詳細に説明する。図1は、この発明による光学素子成形装置の一例を概略的に示す断面図である。即ち、フレーム1の上部から固定軸2が下方に向かって伸びており、その下端には、セラミック製の断熱筒3を介して上型組み立て4が図示しないボルト等によって取り付けられている。この上型組み立て4は、金属製のダイプレート5、セラミックや超硬合金などで作られた上型6、及びこの上型6をダイプレート5に取り付けると共に型の一部を形成する固定ダイ7からなっている。図6は、この実施例で使用される上型6の構造を示す図であり、図6の(a)は上型6の平面図、図6の(b)は(a)に示される上型6をB-B断面で切断した断面図をそれぞれ示す。

【0015】一方、フレーム1の下部には、電動モータ、例えばサーボモータ8aの回転運動を直線運動推力に変換するスクリュージャッキなどの駆動装置8が設けられている。この駆動装置8には、荷重検出器8bを介して移動軸9が取り付けられている。このように駆動装置8に取り付けられた移動軸9は、固定軸2と対向して上方に向かって伸びており、上下方向に移動可能である。また、この移動軸は、制御装置28に入力したプログラムにより、移動速度、位置、及びトルクの制御が可能である。なお、この実施例では、サーボモータ8aなどの電動モータを利用した駆動装置8を制御装置により制御しているが、油圧ポンプを利用した油圧機構が移動軸9の駆動源として利用されても良い。

【0016】この移動軸9の上端には、断熱筒3と同様の断熱筒10が取り付けられている。この断熱筒10を介して、移動軸9には下型組み立て11が取り付けられている。この下型組み立て11は、上型組み立て4と同様に、ダイプレート12、下型13、及び移動ダイ14からなっている。図7は、この実施例で使用される下型13の構造を示す図であり、図7の(a)は下型13の平面図、図7の(b)は(a)に示される下型13をC-C断面で切断した断面図をそれぞれ示す。

【0017】固定軸 2 には図示しない駆動装置によって上下動されるブラケット 15 が移動可能に係合されている。このブラケット 15 には、対をなす上下の型組み立て 4、11 の周囲を囲む透明石英管 16 が取り付けられている。この透明石英管 16 の下端部は、移動軸 9 が貫通している中間プレート 1a に気密に当接され、型組み立て 4、11 の周囲を大気から遮断させる成形室 17 が形成されている。また、このブラケット 15 には外筒 18 が取り付けられ、この外筒 18 の内面には加熱機構としてのランプユニット 19 が取り付けられている。この外筒 18 の内面に取り付けられたランプユニット 19 は、赤外線ランプ 20、この赤外線ランプ 20 の後方に配置され、赤外線を石英管側に反射させる反射ミラー 21、及び反射ミラー 21 の外面に配置され、反射ミラー 21 を冷却するための水冷パイプ 22 から構成されている。また、このランプユニット 19 は、制御装置 28 に設定されたプレス温度で型組み立て 4、11 が加熱される。この温度は、下型組み立て 11 の下端部に設けられた温度検出用熱電対 27 によって検出される。

【0018】なお、この実施例では、加熱機構として赤外線ランプ加熱が利用されているが、高周波誘導加熱などの他の手段が利用されても良い。固定軸 2、移動軸 9、及びブラケット 15 には、成形室 17 内を不活性ガス雰囲気にしたたり、型組み立て 4、11 を冷却するためのガス供給路 23、24、25 が設けられ、図示しない流量コントロール計を介して、不活性ガスが所定流量で成形室 17 に供給できる。成形室 17 へ供給された不活性ガスは、排気口 26 から排気される。

【0019】次に、この発明の光導波路の製造方法について説明する。図 2 は、この実施例で製造される光導波路の一例を示す図である。図 2 の (a) は、所望する光導波路、例えば 4 分岐光導波路の一例を示した平面図、図 2 の (b) は、(a) に示された光導波路を A-A 断面で切断した断面図をそれぞれ示す。

【0020】まず、第一の光導波路の製造方法について説明する。図 4 は、この発明による第一の光導波路の製造工程を示す図である。

(11) まず、光導波路のクラッド層に相当する両面平坦なガラス素材、例えば SiO_2 が用意される。

(12) 前記工程 (11) で用意されたガラス素材 SiO_2 が図 6、及び図 7 に示す上下金型の間に配置され、図 1 に示す光学素子成形装置を用いて加熱プレス成形される。

(13) 前記工程 (12) でプレス成形された成形品を示す。

(14) この工程では、前記工程 (13) に示したプレス成形品の上部全体に、クラッド層の SiO_2 とは異なる屈折率を有するガラス素材、例えば SiO_2 より屈折率の高いガラス素材である $\text{Ge}-\text{SiO}_2$ を物理蒸着法 (PVD) によって堆積させる。この際、プレス成形を行った

凹部に $\text{Ge}-\text{SiO}_2$ が十分に充填されるまで十分な膜厚に堆積させる。

(15) 前記工程 (14) で堆積させた $\text{Ge}-\text{SiO}_2$ の一部かつ／又はプレス成形された SiO_2 の一部が所望の光導波路のコア形状となるまで研磨される。この工程は、研削等の機械加工やエッチング処理などによって成されてもよい。

(16) この工程では、前記工程 (15) で研磨された面に、プレス加工されたガラス素材と同一、またはほぼ同一の屈折率を有するガラス素材、例えば SiO_2 を PVD 法により堆積させる。

【0021】これらの製造工程により、プレス成形を行ったガラス素材 SiO_2 にクラッド層の役割、プレス成形で形成された凹部に充填されたガラス素材 $\text{Ge}-\text{SiO}_2$ にコアの役割、最後に被膜したガラス素材 SiO_2 にクラッド層の役割を持たせた光導波路が完成する。

【0022】なお、工程 (14) 及び (16) でガラス素材を堆積させる方法として、物理蒸着法 (PVD) が利用されたが、火炎堆積法 (FHD)、化学蒸着法 (CVD) などの他の方法でガラス素材が堆積されても良い。

【0023】次に、第二の光導波路の製造方法について説明する。図 5 は、この発明による第二の光導波路の製造工程を示す図である。

(21) まず、光導波路のクラッド層に相当する両面平坦なガラス素材、例えば BK7 (SCHOTT 社製；屈折率 1.51680) が用意される。

(22) 前記工程 (21) で用意されたガラス素材 BK7 が図 6、及び図 7 に示す上下金型の間に配置され、図 1 に示す光学素子成形装置を用いて加熱プレス成形される。

(23) 前記工程 (22) でプレス成形された成形品を示す。

(24) 前記工程 (23) に示したプレス成形品の凹部に、クラッド層の BK7 より屈折率が高く、軟化点の低いガラス素材、例えば P-SK11 (住田光学ガラス社製；屈折率 1.56580) をディッピングにより充填させる。この時、予め最初にプレス成形されたガラス素材 BK7 を予熱しておく、ディッピングの際、熱衝撃などによる破損が防止される。なお、この工程は、凹部に極細のガラス繊維状の P-SK11 を配置し、P-SK11 のみ流動性を有する温度まで加熱し、充填させる方法でもよい。

(25) 前記工程 (24) で充填させた P-SK11 の一部、かつ／又は BK7 の一部が、所望の光導波路のコア形状となるまで研磨される。この工程も前記工程 (15) と同様に他の機械加工や化学処理 (エッチング) によって成されてもよい。

(26) 前記工程 (25) で研磨された面に、プレス加工されたガラス素材と同一のガラス素材 BK7 を載せ、

これらが図 1 に示す光学素子成形装置の上下金型の間に配置される。そして、この装置によって加熱プレスされ、両者を接合させる。この時、光学素子成形装置に用いられる上下の金型は、共に図 7 に示す平面形状でよい。この際の接合条件として、加熱温度は BK 7 の転移点付近で、可能な限りガラス素材を変形させない微小なプレス力でプレスされる。

(27) 前記製造工程により、製造された光導波路を示す。

【0024】これらの製造工程により、プレス成形を行ったガラス素材 BK 7 にクラッド層の役割、プレス成形で形成された凹部に充填されたガラス素材 P-SK 11 にコアの役割、最後にプレス接合されたガラス素材 BK 7 にクラッド層の役割を持たせた光導波路が完成する。

【0025】次に、図 6 に示される上金型の凸部と、図 4 の工程 (13)、及び図 5 の工程 (23) に示されたプレス成形品の凹部との転写性を評価した。図 8 は、図 6 に示した上金型の凸部を拡大した拡大図である。図 9 は、この発明の実施例でプレス成形されたプレス成形品の凹部を拡大した拡大図である。測定機器は、ZYG0 社製 NEW VIEW 100 を用いた。図 8、及び図 9 に示したように、その転写性の評価は良好であった。

【0026】また、図 5 の工程 (26) に示される研磨面と BK 7 との接合面の接合状態を観察した。図 10 は、第二の製造方法で接合された接合部の拡大写真を示す。この拡大写真に示すように接合状態は良好であった。

【0027】なお、この実施例で製造された光導波路の伝送損失は、ガラス素材の屈折率、近赤外域の吸収量、コア外周部に当たる部分の面精度などにもよるが、測定した一例を示すと、 $1.3 \mu\text{m}$ の波長で 1.5 dB/km 以下であった。この数値は、十分光導波路としての役割を果たすものである。

【0028】なお、前述した第一、第二の光導波路の製造方法においては、工程 (12)、(22) に示すように、いずれもプレス成形によりガラス素材に凹部を形成する例を示したが、ガラス素材に直接凹部を形成する方法であれば、プレス成形に限定されないことはいうまでもない。また、工程 (14)、(16)、(24)、及び (26) に示されたコアの充填及びクラッド層の接合は、ガラスを加熱装置で加熱し、このガラス自身、このガラス上に載置された型、またはこの型上に載置された重しのいずれか 1 つないしこれらの組み合わせの重力により行っても良い。

【0029】なお、前記加熱装置は、赤外線ランプや高周波誘導加熱などの加熱ユニット内にガラス素材と型が固定的に配置されるものに限らず、加熱ゾーンから冷却ゾーンまでを連続して配置した連続式炉であり、ガラス素材が型と共に加熱ゾーンから冷却ゾーンまで移動する方式の装置としても良い。

【0030】

【発明の効果】以上説明したように、この発明の光導波路の製造方法によれば、従来実施されてきた複雑なエッチング工程や成膜工程が不要となる。また、一度金型を製作すれば、複雑な形状の光導波路を安定して安価に大量生産することができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】図 1 は、この発明による光学素子成形装置を概略的に示す断面図である。

【図 2】図 2 は、この発明の実施例で製造される 4 分岐光導波路の構造を概略的に示す図である。

【図 3】図 3 は、従来の光導波路の製造工程を示す図である。

【図 4】図 4 は、この発明の光導波路の製造工程を示す図である。

【図 5】図 5 は、この発明の光導波路の製造工程を示す図である。

【図 6】図 6 は、この発明の実施例で行われるプレス成形における上金型の構造を示す図である。

【図 7】図 7 は、この発明の実施例で行われるプレス成形における下金型の構造を示す図である。

【図 8】図 8 は、図 6 に示した上金型の凸部を拡大した拡大図である。

【図 9】図 9 は、この発明の実施例で行われるプレス成形で形成されたプレス成形品の凹部を拡大した拡大図である。

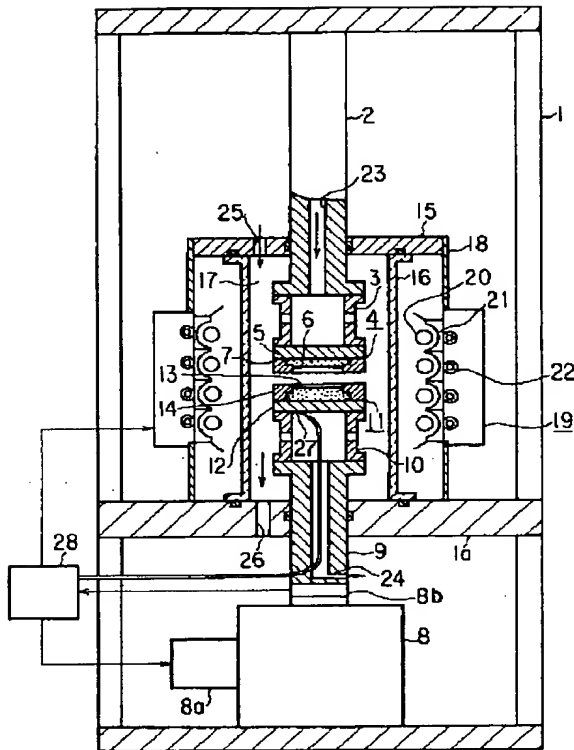
【図 10】図 10 は、この発明の実施例でプレス接合された接合部におけるガラス素材の薄膜の断面を拡大した顕微鏡写真である。

【符号の説明】

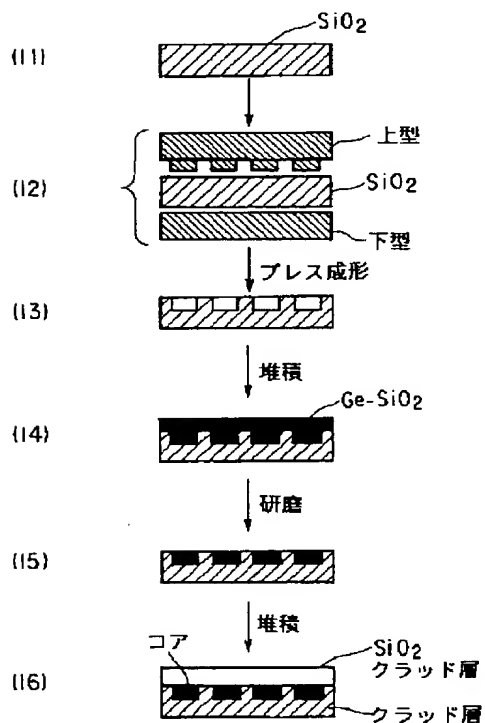
1…フレーム	2…固定台
4…上型組み立て	5…ダイブ
レート	
6…上型	7…固定ダイ
イ	
8…駆動装置	8 a…サーボ
モータ	
8 b…荷重検出器	9…移動
軸	
11…下型組み立て	12…ダイ
プレート	
13…下型	14…移動
ダイ	
15…ブラケット	16…透明
石英管	
17…成形室	19…ラン
プユニット	
20…赤外線ランプ	23、24、25…ガス
供給路	
27…温度検出用熱電対	28…制御

装置部

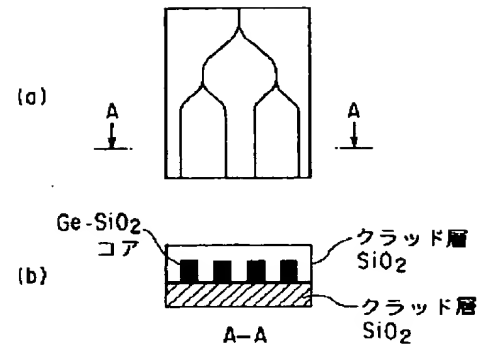
【図 1】



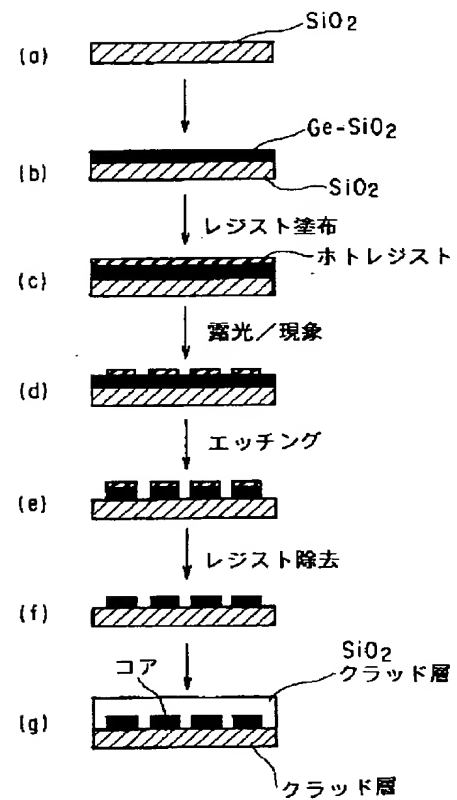
【図 4】



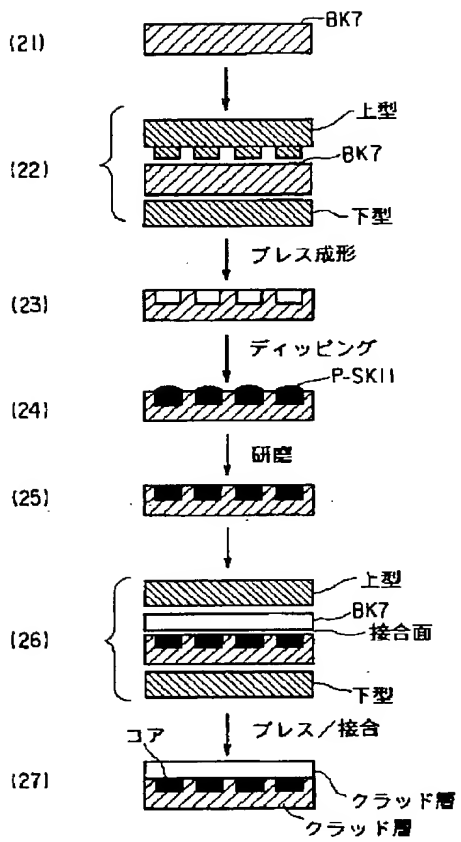
【図 2】



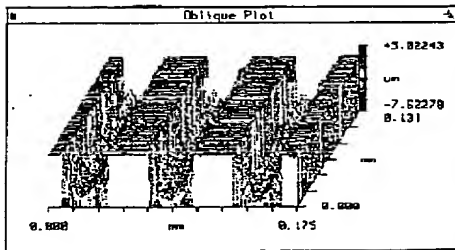
【図 3】



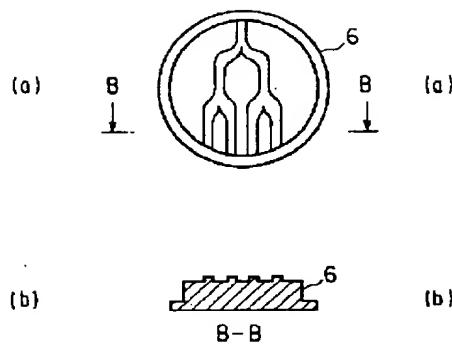
【図5】



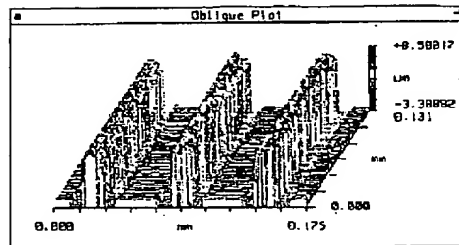
【図8】



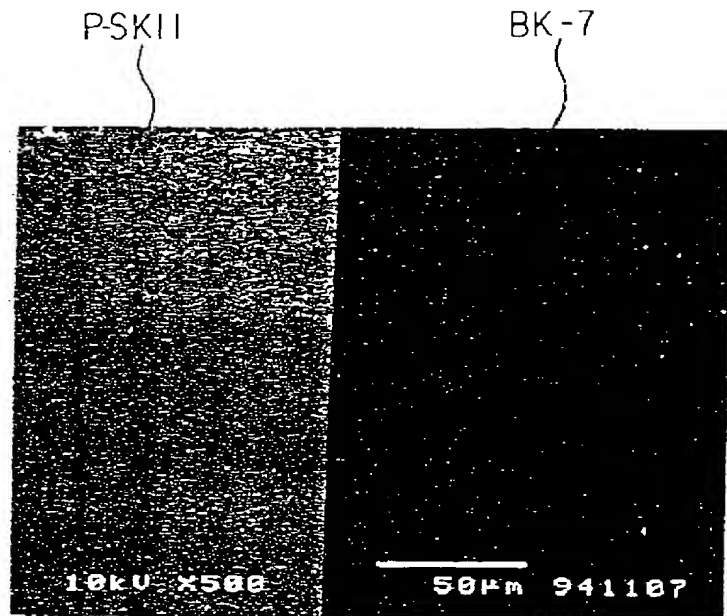
【図6】



【図9】



【図10】



フロントページの続き

(72)発明者 漆畑 和則
静岡県沼津市大岡2068の3 東芝機械株式
会社沼津事業所内